

УДК 621.438 : 436

В.Т. МАТВЕЕНКО, д-р техн. наук

*Севастопольский национальный технический университет*

### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК ДЛЯ КОММУНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Рассматриваются газодвигательные и газотурбинные когенерационные энергоустановки, которые целесообразно применять для обеспечения энергией коммунальных объектов с учетом энергосберегающих технологий.

Наиболее радикальным и приемлемым для экономики Украины путем вывода энергетики из кризисного состояния и решения неотложных проблем реанимации и замещения отработавших электрогенерирующих мощностей является широкое внедрение когенерационных технологий, т.е. комбинированного производства электрической и тепловой энергии [1].

Применение когенерационных технологий – один из самых результативных путей повышения эффективности использования энергии топлива на стадии генерирования энергии. Эффект экономии топлива в когенерационной энергоустановке по сравнению с раздельным производством того же количества теплоты и электроэнергии достигается за счет замещения части топлива, сжигавшегося в котле, энергией, утилизируемой из отработавших газов двигателя.

Широкое внедрение когенерационных технологий в энергетике возможно при децентрализации генерирующих мощностей. В этом случае необходимы энергетические установки средней и малой мощности, обслуживающие обособленные объекты промышленности, коммунального хозяйства, технологические и транспортные комплексы.

В Украине создана разветвленная система котельных и теплотрасс для централизованного теплообеспечения и горячего водоснабжения, которая является идеальной базой для использования когенерационных технологий.

Предприятия системы "Теплокоммунэнерго" могут стать производителями электроэнергии, объемы производства которой в состоянии обеспечивать: собственные потребности предприятия; при использовании резервных мощностей осуществлять поставки на сторону в пиковом режиме или в период чрезвычайной ситуации; работу в базово-пиковом режиме. В последнем случае предприятие приобретает статус ТЭЦ, хотя основной его задачей является выработка тепловой энергии для коммунальных объектов.

Для энергообеспечения коммунальных и промышленных объектов нужны когенерационные энергоустановки электрической мощностью от

0,5 до 12 МВт и более. В этом диапазоне мощностей могут применяться дизель-генераторы и газотурбогенераторы с утилизаторами теплоты. При электрической мощности от 0,5 до 3 МВт по технико-экономическим показателям предпочтительно использование газодизелей или газодвигателей (ГД), топливом или основным топливом которых является природный газ.

Промышленность Украины выпускает ДВС мощностью от 0,5 до 1,6 МВт, работающие на природном газе. Комплексную поставку оборудования для когенерационных установок на базе газодизелей и газодвигателей осуществляет АООТ "Первомайскдизельмаш" (г.Перво-майск Николаевской обл.). Мощность ГД-генераторов составляет 500 и 630 кВт. ГД-генераторы комплектуют водогрейными котлами-утилизаторами. За счет утилизации теплоты выхлопных газов и системы охлаждения ГД-генератора мощностью 630 кВт тепловая мощность когенерационной энергоустановки достигает 650 кВт при максимальной температуре воды на выходе из котла-утилизатора, равной 85...90 °С.

В ПО "Завод им.Малышева" (г.Харьков) выпускаются ГД-генераторы мощностью 1000 кВт и 1600 кВт с эффективным КПД, равным 34-35%, которые можно применять в составе когенерационных энергоустановок.

Энергетические установки когенерационного типа мощностью 2,5 МВт и более могут быть созданы на базе газотурбинных двигателей (ГТД). Производство когенерационных ГТУ (UGT) электрической мощностью 2,5; 6,0; 8,0; 10,0; 14,5; 16,0; 18,5; 25,0 МВт освоено на НПКГ "Зоря-Машпроект" (г.Николаев), в которых совместно с теплоутилизующим контуром теплотехнический (общий) КПД достигает в среднем 80%.

Нужно отметить, что ГТУ простого цикла в диапазоне мощностей 2,5...10 МВт уступают по величине эффективного КПД газодвигателям. Но существует реальная возможность для ГТУ приблизиться и даже превысить экономичность газодизелей за счет более глубокой утилизации теплоты выхлопных газов, превратив часть теплоты в механическую энергию.

Такой, более эффективный способ утилизации теплоты реализуется в газотурбинной установке с турбокомпрессорным утилизатором (ТКУ). В состав ТКУ входит турбина перерасширения, дожимающий компрессор и охладитель газа между ними (см. рисунок).

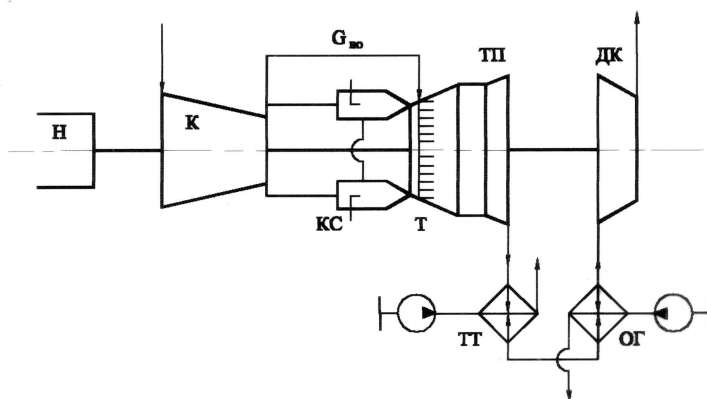


Схема ГТД с турбокомпрессорным утилизатором:

К – компрессор; КС – камера сгорания; Т – турбина; ТП – турбина перерасширения; ДК – дожимающий компрессор; ОГ – охладитель газа; ТТ – теплофикационный теплообменник; Н – нагрузка

В приведенной схеме теплофикационный теплообменник выполняет роль теплогенератора – водяного котла-утилизатора.

Установлено, что КПД ГТД с ТКУ при всех значениях степени повышения давления в компрессоре выше, чем в двигателе простого цикла (П).

В диапазоне оптимальных  $\pi_k$  относительный рост КПД составляет 10-25%, а там, где двигатель имеет меньшую  $\pi_k$ , – 30-60 % [2].

В Севастопольском национальном техническом университете создан опытный газотурбогенератор с ТКУ. В опытной когенерационной установке использован газотурбогенератор АИ-8 производства АО "Мотор Січ" (г.Запорожье). Испытания газотурбогенератора подтвердили достоверность теоретических разработок по турбокомпрессорной утилизации теплоты. Установка отличается хорошими экономическими и эксплуатационными качествами на всех режимах работы. Уникальным свойством ГТУ с ТКУ является постоянно высокий теплотехнический КПД на всех режимах нагружения [3].

Используя опыт нового направления глубокой утилизации в ТКУ, НПП "Машпроект" (г.Николаев) совместно с СевНТУ разработал технические предложения по созданию когенерационных ГТУ с ТКУ. В частности, на базе ГТД GT2500 осуществлено техническое предложение по созданию когенерационной установки электрической мощностью 2,9 МВт. К выхлопу серийного газотурбогенератора GT2500 пристроен ТКУ, который в базовом режиме увеличивает мощность установки на 400 кВт,

а газоохладитель – котел утилизатор располагает тепловой мощностью в 4,3 МВт.

В таблице приведены характеристики газотурбогенератора ГТГ-3,7/4,5, который можно создать на базе ГТД GT3200. Это модернизированный вариант ГТД GT2500, более высокотемпературный и имеющий эффективный КПД 31 % (для сравнения ГТД GT2500 – 28,5 %). При совместной работе ГТД GT3200 с ТКУ эффективный КПД достигает 36%, что сопоставимо с КПД ДВС.

Необходимо отметить, что энергетические ГТУ когенерационного типа замещают часть мощностей котельных установок в теплофикационных сетях, экономя топливо и сокращая валовые выбросы продуктов сгорания и вредных веществ (ВВ) в атмосферу. Так, удельный выброс  $\text{NO}_x$  в газотурбогенераторе мощностью 10 МВт (UGT 10000) на номинальном режиме составляет 1,87 г/(кВт·ч), а в когенерационной установке с ТКУ – 0,8 г/(кВт·ч), т.е. в 2,37 раза меньше. Это объясняется тем, что когенерационная установка с ТКУ на базе ГТД UGT 10000 при прежней эмиссии ВВ дополнительно располагает 1,25 МВт электрической мощности и 11,7 МВт тепловой. В такой же степени уменьшаются удельные выбросы по оксиду углерода (СО).

Основные технические характеристики когенерационных ГТУ  
с ТКУ на базе ГТД GT2500 и GT3200 производства НПП "Машпроект"

Наименование параметра	ГТГ- 2,5	ГТГ-3/4,3	ГТГ-3,7/4,7
Мощность электрическая, кВт	2500	2900	3700
Мощность тепловая, кВт	-	4320	4700
Температура газа перед турбиной, К	1224	1224	1278
Расход воздуха на входе в ГТД, кг/с	14,9	14,9	15,0
Степень повышения давления в дожимающем компрессоре	-	2,2	2,2
КПД ГТД в условиях ISO, %	28,5	33,5	36,3
КПД электрический, %	26,6	30,7	34,3
КПД теплотехнический, %	-	76,6	80,3
Температура уходящих газов, °С	440	142	142
Расход воды через ТКУ, кг/с	-	12,0	12,0
Температура воды на выходе из ТКУ, °С	-	110	115

Так как когенерационные установки сокращают валовые выбросы продуктов сгорания по сравнению с отдельной выработкой тепловой и электрической энергии примерно в 1,5 раза, они способствуют выпол-

нению обязательств, принятых в Киотском протоколе к Конвенции об изменении климата и сокращении выбросов парниковых газов.

С учетом изложенного можно сделать вывод, что Украина располагает научно-производственным потенциалом для создания когенерационных энергоустановок и повышения с их помощью эффективности энергетического хозяйства коммунальных и промышленных объектов.

1.Клименко В.Н. Проблемы когенерационных технологий в Украине // Пром. тепло-техника. –2001. – Т.23. – № 4-5. – С. 106-110.

2.Матвееенко В.Т. Термодинамические процессы и характеристики цикла высокотемпературного газотурбинного двигателя с турбиной перерасширения // Энергетика... (Изв. высш. уч. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1997. – № 1-2. – С38-41.

3.Матвееенко В.Т. Результаты испытаний опытного когенерационного газотурбогенератора с турбокомпрессорным утилизатором // Вісник НТУ "Львівська політехніка": Проблеми економії енергії. Вип.2. – Львів, 1999. – С.22-25.

*Получено 12.02.2003*